

# **The Concentrations of Heavy Metals Pb, Cu and Zn in Sea Water and Sediment in Sungai Enam Waters of Bintan Island, Riau Islands Province**

By

Petti Apriani<sup>1)</sup>, Bintal Amin<sup>2)</sup> and Thamrin<sup>2)</sup>  
*Email Pettiapriani@gmail.com*

## **Abstract**

The research was conducted in June 2015 by collecting seawater and sediment samples from Sungai Enam Coastal waters of Bintan, Riau Islands Province. The analysis of heavy metal concentrations was performed by AAS Perkin Elmer 3110 in the Laboratory of Marine Chemistry Faculty of Fisheries and Marine Science, University of Riau. The results showed that highest concentrations of Pb and Cu in seawater were found at former bauxite mining areas 0.0544 mg/l and 0.0419 mg/l whilst the highest Zn concentration was in the estuary area (0.2087 mg/l). The highest concentrations of Pb, Cu and Zn in sediment were found in the estuary area (5.3028 µg/g, 4.5111 µg/g and 23.5366 µg/g respectively). The lowest concentrations of Pb, Cu and Zn in sea water were recorded in the port area and residential area (0,05, 0,04, and 0,19 mg/l). Meanwhile, Pb, Cu and Zn lowest concentrations in sediment were identified in the former bauxite mining area (3.15, 2.39 and 9.46 µg/g respectively). Concentrations of Pb, Cu and Zn in sediments in Sungai Enam coastal waters were still below the ERL and ERM values, thus no serious negative impact to the organisms accused in those waters.

***Key words : Heavy metal, seawater, sediment, Bintan Island.***

---

<sup>1)</sup> Students of the Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau.

<sup>2)</sup> Lecturer of the Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau

## **PENDAHULUAN**

Bintan berada di dekat kawasan pusat pertumbuhan industri Batam dan Singapura, maka komoditas bahan galian yang tersedia di daerah ini sangat potensial untuk dikembangkan dan diusahakan untuk memenuhi kebutuhan pasokan bahan baku industri di kedua kawasan itu. Bauksit merupakan komoditas paling populer di Bintan, walaupun demikian terdapat juga komoditas tambang lain diantaranya granit, andest, pasir, serta tailing hasil pengolahan bauksit (Rohmana *et al.*, 2007).

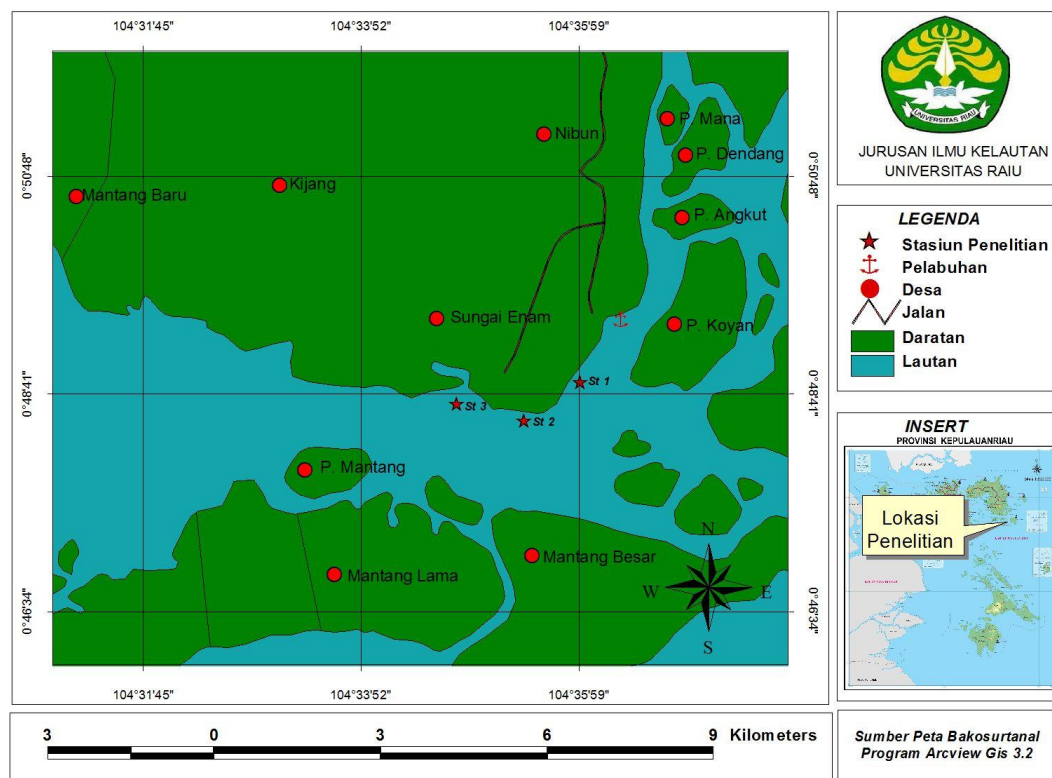
Menurut Agustinus (2010), kegiatan penambangan yang dilakukan oleh perusahaan pertambangan bauksit di Kabupaten Bintan pada umumnya belum menerapkan konsep pengelolaan penambangan yang baik dan benar sehingga dapat menimbulkan dampak lingkungan terhadap wilayah di sekitar pertambangan tersebut. Penambangan ini dapat mengakibatkan terjadinya degradasi kualitas air permukaan di perairan sekitar daerah pertambangan tersebut yang kemudian mengalir menuju perairan laut. Secara umum, aktivitas penambangan bauksit menghasilkan limbah atau yang biasa disebut dengan Tailing yang biasanya

mengandung logam berat. Berdasarkan laporan dari masyarakat sekitar akibat penambangan ini menyebabkan adanya penurunan produksi hasil tangkapan ikan nelayan di wilayah perairan sekitar lokasi penambangan bauksit.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada air laut dan sedimen pada 3 stasiun dengan aktivitas yang berbeda serta bagaimana korelasi antara konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn pada air laut dengan Pb, Cu dan Zn pada sedimen dan status pencemaran di Perairan Sungai Enam Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015. Sampel air laut dan sedimen akan diambil dari Perairan Sungai Enam Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau (Gambar 1).



Proses destruksi sampel untuk logam berat dan analisis konsentrasi logam berat dengan AAS dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Metode yang digunakan adalah metode survei, lokasi sampling dilakukan pada 3 stasiun. Stasiun 1 merupakan kawasan pelabuhan dan pemukiman, Stasiun 2 kawasan bekas pertambangan bauksit, Stasiun 3 yaitu kawasan yang berdekatan dengan muara sungai.

Sampel sedimen diambil menggunakan Eckman grab kemudian sampel diambil di bagian permukaan alat menggunakan sendok plastik. Kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik yang telah diberi label berdasarkan stasiunnya dan dimasukkan ke dalam *ice box* setelah itu dibawa ke Laboratorium lalu dimasukkan ke dalam lemari pendingin (*freezer*) pada suhu  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Sampel air laut diambil menggunakan botol sampel sebanyak 500 ml selanjutnya ditambahkan dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) lalu dimasukkan ke dalam *ice box* dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis menggunakan AAS (Ramessur *et al.*, 2001). Prosedur analisis kadar logam Pb, Cu dan Zn pada air laut dilakukan berdasarkan prosedur Hutagalung (1993). Analisis konsentrasi logam berat dalam sedimen dilakukan dengan mengambil sampel seberat 100 gram kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80-100°C sampai dicapai berat konstan (Mucha *et al.*, 2003; Yap *et al.*, 2002). Perhitungan konsentrasi logam berat pada sampel sedimen menurut Yap *et al.*, (2002) dan keeratan nilai (r) menurut Razak (1991).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kondisi Umum Daerah Penelitian dan Parameter Kualitas Perairan*

Pulau Bintan terletak antara 00° Lintang Utara 1°20' Lintang Selatan dan 104°00' Bujur Timur 108°30' Bujur Barat. Memiliki luas wilayah mencapai 87.777,84 Km<sup>2</sup>, tetapi luas daratannya hanya 1,49%, 1.319,51 Km<sup>2</sup> saja. Kecamatan Gunung Kijang merupakan kecamatan terluas yaitu 344,28 Km<sup>2</sup>, sedangkan kecamatan yang paling kecil adalah Tambelan yang memiliki luas hanya 90,96 km<sup>2</sup> (Bappeda Kabupaten Bintan 2007).

Perairan Pantai Sungai Enam memiliki peranan yang cukup penting, karena selain dijadikan sebagai jalur transportasi juga merupakan daerah penangkapan ikan bagi masyarakat sekitar. Wilayah ini dipengaruhi oleh berbagai aktivitas rumah tangga, pelabuhan dan lokasi penambangan bauksit yang tidak aktif lagi. Aktivitas yang mulai padat disekitar daerah memberikan pengaruh terhadap kualitas perairan tersebut. Beberapa parameter kualitas perairan yang di ukur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Perairan

Stasiun	Parameter				
	Suhu (°C)	pH	Salinitas (‰)	Kecerahan (m)	Kec.Ar. (m/dt)
1	27,7	8	26	1	0,12
2	28	7	27	1,5	0,15
3	26,7	7	26	1,75	0,12
Rata-rata	27,5	7,3	26	1,41	0,13

Dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota laut (Kep. No.51/MENLH/2004), rata-rata parameter lingkungan di perairan pantai di Sungai Enam pada umumnya masih normal sehingga masih dapat mendukung kehidupan organisme laut di perairan tersebut.

### *Konsentrasi Logam Pb, Cu dan Zn pada Air Laut*

Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada air laut pada masing-masing stasiun di Perairan Sungai Enam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Logam Pb, Cu dan Zn pada Air Laut (Rata-rata $\pm$ Std. Deviasi)

Stasiun	Konsentrasi Logam Berat (mg/l)		
	Pb	Cu	Zn
1	0,0455 $\pm$ 0,0077	0,0379 $\pm$ 0,0027	0,1972 $\pm$ 0,5442
2	0,0544 $\pm$ 0,0099	0,0419 $\pm$ 0,0120	0,2087 $\pm$ 0,0447
3	0,0537 $\pm$ 0,0076	0,0412 $\pm$ 0,0065	0,2087 $\pm$ 0,0675

Konsentrasi logam Pb air laut memiliki rata-rata 0,0512 mg/l, dimana Stasiun 2 merupakan stasiun yang konsentrasi logam Pb tertinggi yaitu kawasan bekas pertambangan bauksit, dimana masukan logam Pb diduga berasal dari limbah buangan bauksit dan berasal dari buangan air ballast kapal saat melintasi kawasan tersebut karena kawasan ini juga merupakan jalur transportasi. Kondisi arus dikawasan ini lebih tinggi dibandingkan daerah lain sehingga konsentrasi logam terlarut di air menjadi tinggi.

Konsentrasi logam Cu pada air laut rata-rata 0,0403 mg/l, dimana konsentrasi Cu tertinggi pada Stasiun 2 merupakan kawasan bekas pertambangan bauksit yang dalam proses penambangan menggunakan peralatan listrik yang mengandung logam Cu serta sebagai campuran cat anti karat pada lambung kapal. Pola arus mempengaruhi keberadaan logam berat dalam air karena arus perairan dapat menyebabkan logam berat yang terlarut dalam air dari permukaan kesegala arah.

Konsentrasi logam Zn pada air laut memiliki rata-rata 0,2486 mg/l, dimana konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 3 yang merupakan kawasan muara sungai dimana logam Zn ini diduga berasal dari perkakas rumah tangga serta material-material yang terbawa dari daratan yang banyak menggunakan logam Zn melalui air hujan menuju laut. Konsentrasi pada air laut logam Pb, Cu dan Zn menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antar stasiun.

### ***Konsentrasi Logam Pb, Cu dan Zn pada Sedimen***

Rata-rata konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen dapat dilihat pada Tabel 3. Konsentrasi logam Pb pada sedimen tertinggi pada Stasiun 3 merupakan kawasan muara sehingga memberikan masukan logam berat Pb yang berasal dari aktivitas penduduk yang menghasilkan limbah seperti pembuangan sampah, pencucian kendaraan bermotor yang kemudian masuk ke muara sehingga terjadi pengendapan pada sedimen. Selain itu kondisi arus perairan dikawasan ini juga rendah yaitu 0,12 m/det sehingga menyebabkan terjadi proses pengendapan.

Tabel 3. Konsentrasi Logam Pb, Cu dan Zn pada Sedimen (Rata-rata $\pm$ Std. Deviasi)

Stasiun	Konsentrasi Logam Berat ( $\mu$ g/g)		
	Pb	Cu	Zn
1	4,7835 $\pm$ 0,5567	3,5612 $\pm$ 0,2502	21,1759 $\pm$ 2,5411
2	3,1535 $\pm$ 1,4910	2,3973 $\pm$ 0,6900	9,4655 $\pm$ 0,6929
3	5,3028 $\pm$ 1,0099	4,5111 $\pm$ 0,7492	23,6520 $\pm$ 2,6380

Konsentrasi logam Cu pada sedimen tertinggi terdapat pada Stasiun 3 merupakan kawasan muara dimana logam Cu berasal dari buangan domestik yang berbahan dasar campuran dengan tembaga yang terbawa kemuara serta dengan adanya arus yang menyebabkan logam Cu diduga berasal dari bekas pertambangan yang tidak jauh dari lokasi penelitian serta buangan domestik sehingga logam Cu yang masuk ke perairan mudah terendapkan. Konsentrasi logam Zn tertinggi pada Sedimen terdapat pada Stasiun 3 merupakan kawasan muara dimana masuknya logam ini berasal dari aktivitas industri dan buangan limbah memberikan kontribusi dalam masuknya logam Zn.

Perbandingan konsentrasi logam berat pada sedimen di setiap stasiun (Rata-rata $\pm$ Std. Deviasi). Hasil uji Anova menunjukkan nilai konsentrasi logam Pb tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ), konsentrasi logam Cu berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dan konsentrasi logam Zn berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ), (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Uji LSD Rata-rata Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn pada Sedimen antar Stasiun

Logam	Stasiun	1	2	3
Pb	1	-		
	2	0,116 <sup>ns</sup>	-	
	3	0,580 <sup>ns</sup>	0,052 <sup>ns</sup>	-
Cu	1	-		
	2	0,057 <sup>ns</sup>	-	
	3	0,103 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>**</sup>	-
Zn	1	-		
	2	0,001 <sup>**</sup>	-	
	3	0,208 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>**</sup>	

Keterangan : ns = tidak signifikan

\* =  $p < 0,05$  (berbeda nyata)

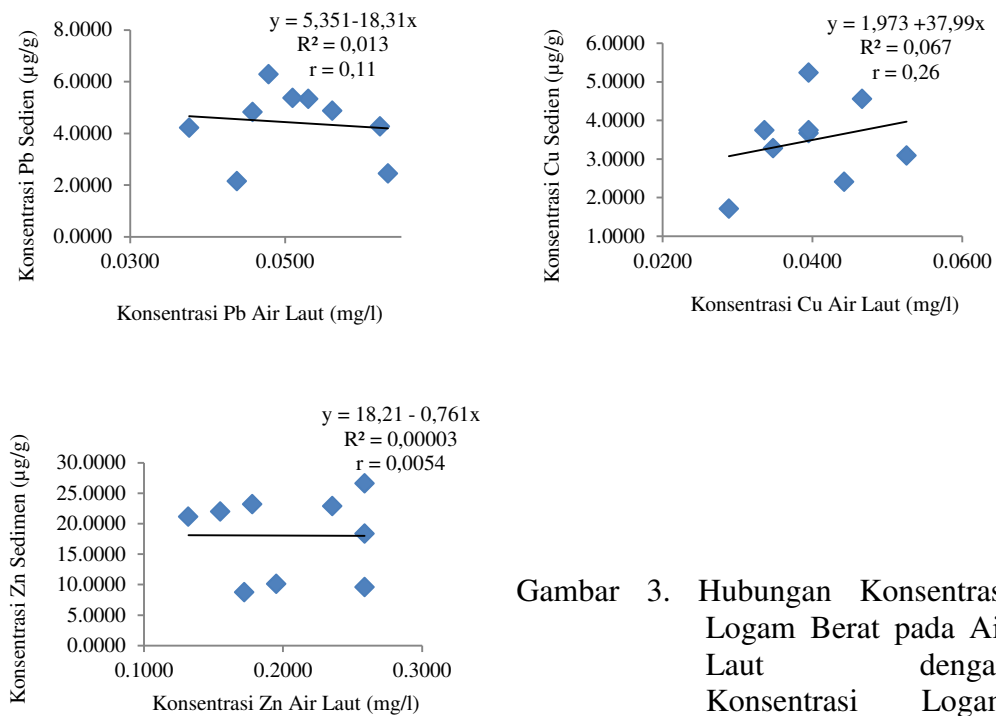
\*\* =  $p < 0,01$  (berbeda sangat nyata)

Untuk logam Pb tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan nilai  $p > 0,05$ . Pada logam Cu terdapat perbedaan sangat nyata antara Stasiun 2 terhadap Stasiun 3 dengan nilai  $p < 0,01$ . Sementara untuk logam Zn terdapat perbedaan sangat nyata antara Stasiun 1 terhadap Stasiun 2 serta antara Stasiun 2 terhadap Stasiun 3 dengan nilai  $p < 0,01$ .

#### ***Hubungan Konsentrasi Logam Berat pada Air Laut dengan Sedimen***

Hasil analisis regresi linier sederhana untuk konsentrasi logam Pb pada air laut dengan konsentrasi logam Pb dan Zn pada sedimen menunjukkan hubungan kedua variabel tersebut negatif dan hubungan kedua variabel sangat lemah.

Hasil analisis regresi linier sederhana untuk konsentrasi logam Cu pada air laut dengan konsentrasi logam Cu pada sedimen menunjukkan hubungan kedua variabel positif dan hubungan kedua variabel lemah (Gambar 3).



Gambar 3. Hubungan Konsentrasi Logam Berat pada Air Laut dengan Konsentrasi Logam Berat pada Sedimen

### Status Pencemaran Perairan Sungai Enam

Untuk mengetahui tingkat pencemaran logam yang terjadi di perairan Pantai Sungai Enam maka konsentrasi logam berat pada sedimen tersebut dibandingkan dengan ERL dan ERM (Long *et al.*, 1995) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Konsentrasi Logam Berat ( $\mu\text{g/g}$ ) pada Sedimen di Perairan Sungai Enam dengan Standar ERL dan ERM

Logam	Konsentrasi ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Penelitian ini	ERL*	ERM*
Pb	4,4132	46,70	218,00
Cu	3,4898	34,00	270,00
Zn	18,0978	150,00	410,00

□ Long *et al.* (1995)

Menurut Long *et al.* (1995) jika nilai konsentrasi logam berat sudah melewati nilai ERL namun masih berada dibawah nilai ERM berarti ada kemungkinan terjadi efek negatif terhadap organisme yang ada di perairan tersebut khususnya organisme yang menyaring makanan yaitu benthos, apabila konsentrasi logam berat sudah melewati nilai ERM maka sudah memberikan efek negatif yang ditimbulkan dari konsentrasi logam berat terhadap organisme perairan. Berdasarkan hasil yang terlihat pada Tabel 6, konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn masih jauh dibawah ERL dan ERM yang berarti bahwa konsentrasi logam Pb,

Cu dan Zn di Perairan belum memberikan dampak negatif terhadap organisme yang ada di perairan tersebut.

### ***Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian lain***

Konsentrasi logam berat pada Air Laut di Perairan Sungai Enam secara umum lebih rendah dibandingkan dengan daerah lainnya. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Konsentrasi Logam Berat Air Laut dengan Sedimen Sungai Enam dengan Perairan lainnya

Ket : (-) Tidak dianalisa, \*: Penelitian ini

Perairan	Konsentrasi Logam			Referensi
	Pb	Cu	Zn	
Air Laut (mg/l)				
Sungai Enam *	0,05	0,04	0,24	Apriani, 2015*
Teluk Pangke	0,05	0,02	0,29	Wijaya, 2013
Bagan siapiapi	0,60	0,02	0,67	Piliang, 2012
Tanjung Buton	0,83	0,01	-	Amin, 2011
Mantang	0,599	0,032		Sandila, 2013
Pulau Bacan	0,001	0,001	0,003	Edward <i>et al.</i> , 2010
Pulau Kabaena	0,004	0,002	0,006	Ahmad, 2009
Pulau Muna	0,005	0,001	0,005	Ahmad, 2009
Pulau Buton	0,006	0,001	0,005	Ahmad, 2009
Sedimen (µg/g)				
Sungai Enam *	4,41	3,48	18,09	Apriani, 2015*
Teluk Pangke	6,53	4,02	7,42	Wijaya, 2013
Bagan siapiapi	23,97	1,72	26,29	Piliang, 2012
Sungai Asahan	4,81	13,92	-	Saputra, 2010
PT. Marcopolo	12,33	135,67	-	Zaldi, 2011
Mantang	12,44	8,55	-	Sandila, 2013
Pulau Bacan	7,74	55,98	62,06	Edward <i>et al.</i> , 2010
Pulau Kabaena	5,12	3,17	34,03	Ahmad, 2009
Tanjung Buton	20,07	0,77	-	Amin, 2011
Perairan Telaga Tujuh	88,17	46,34	97,79	Amin 2002

Dilihat dari penelitian sebelumnya, konsentrasi Pb dan Zn di Perairan Sungai Enam lebih rendah dibandingkan dengan daerah lainnya Teluk Pangke, Bagan siapiapi, Tanjung Buton, Mantang. Konsentrasi Cu di Perairan Sungai Enam lebih tinggi dibandingkan dengan daerah penelitian lainnya yaitu Teluk Pangke Bagan Siapiapi, Tanjung Buton, Mantang.

Konsentrasi Pb dan Cu pada sedimen di Perairan Sungai Enam lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi logam Pb di Perairan Teluk Pangke, Mantang, Selat Dompok, Tanjung Buton. Konsentrasi Zn di Perairan Sungai Enam lebih tinggi dari Teluk Pangke dan lebih rendah dari Bagan siapiapi, Pulau Bacan, Pulau Kabaena.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi logam Pb dan Cu air laut tertinggi pada bekas tambang bauksit sedangkan konsentrasi logam Zn tertinggi pada kawasan muara sungai. Namun demikian secara statistik ketiga stasiun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen tertinggi pada kawasan muara sungai. Konsentrasi logam Cu pada sedimen terdapat perbedaan sangat nyata antara kawasan bekas tambang bauksit terhadap muara sungai ( $p < 0,01$ ) dan konsentrasi logam Zn terdapat perbedaan sangat nyata antara kawasan pelabuhan terhadap daerah bekas tambang bauksit serta antara bekas tambang bauksit terhadap muara sungai ( $p < 0,01$ ).

Konsentrasi logam Pb dan Zn pada air laut dengan konsentrasi logam berat Pb dan Zn pada sedimen menunjukkan hubungan yang sangat lemah, sedangkan untuk logam Cu hubungan antara logam Cu pada air laut dengan konsentrasi Cu pada sedimen menunjukkan hubungan yang lemah. Logam Pb, Cu dan Zn di Perairan Sungai Enam masih jauh dibawah nilai ERL dan ERM sehingga belum memberikan dampak negatif terhadap organisme yang ada di Perairan tersebut.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang analisis konsentrasi logam berat pada berbagai jenis biota laut sebagai indikator pencemaran karena kawasan perairan tersebut juga dijadikan daerah penangkapan ikan oleh masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus. 2010. "Good Mining Practice" Konsep Tentang Pengelolaan Pertambangan yang Baik dan Benar. Penerbit Studi Nusa, Semarang.
- Ahmad, F. 2009. Tingkat Pencemaran Logam Berat Dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pulau Muna, Kabaena dan Buton. Sulawesi Tenggara.
- Amin, B., 2002. Distribusi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau. Jurnal Natur Indonesia 5 (1) : 9-16.
- Amin, B., E. Afriyani, M.A Saputra, 2010. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu Pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. Jurnal tekrobiologi 2 (1) : 1-8.
- Hutagalung, H. P. 1993. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat Dan Analisis Logam Berat. Khusus Pemantauan Pencemaran Laut. Universitas Riau. Pekanbaru. 13 hal. (Tidak diterbitkan).
- Long, E.R., D.D. MacDonald, S.C. Smith dan F.D. Calder. 1995. Incidence of Adverse Biological Effects Within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. Environmental Management 19 (1); 81- 97.
- Marasabessy, M. Djan., Edward dan F. L. Valentin. 2010. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pulau Bacan. Maluku Utara. Vol 14. No.1 32-38.
- Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 2004. Surat Keputusan Nomor : Kep. 51/MEN-KLH/II/2004 Tentang Pedoman Penetapan Baku Air Laut untuk Biota Laut. Sekretariat Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Jakarta 51 hal.
- Piliang, A. 2012. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn pada Air Laut dan Sedimen di Perairan Bagansiapiapi Provinsi Riau. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 52 hal. (Tidak Diterbitkan).



- Rammesur, R. T., Parry, S. J. And Ramjeawon, T., 2001. The Relationship of Dissolved Pb to Some Trace Metals (Al, Cr, Mn and Zn) and to Dissolved Nitrate and Phosphate in a Freshwater Aquatic System in Mauritius. *Environment International* 26: 223-230.
- Razak, A. 1991. Statistik Bidang Pendidikan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau. Pekanbaru.
- Rohmana, A.D. Junaedi, E.K., dan Pohan, M.P. 2007. Inventarisasi Bahan Galian Industri Pada Bekas Tambang di Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Sandila, R. 2013. Analisis Kandungan Logam Pb dan Cu Pada Air dan Sedimen di Perairan Mantang Kabupaten Bintan Kepulauan Riau. Skripsi, FAPERIKA. Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Riau.
- Saputra, S. S. 2010. Kandungan Logam Berat dan Bahan Organik Pada Sedimen di Perairan Muara Sungai Asahan Tanjung Balai Provinsi Sumatera Utara. Pekanbaru. Tidak Diterbitkan.
- Wijaya, B. 2013. Analisis kandungan logam Pb, Cu dan Zn pada Air Laut dan Sedimen di Perairan Teluk Pangke Kabupaten Karimun Provinsi Kepulauan Riau. Skripsi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru, 76 hal (Tidak Diterbitkan).
- Yap, C.K., A. Ismail., S.G. Tan and H. Umar. 2002. Concentration of Cu and Pb in the Offshore and Intertidal Sediments of the West Coast of Peninsular Malaysia. *Environment International*. 20: 267-479.
- Zaldi. 2012. Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu Pada Sedimen Permukaan di Perairan Sekitar PT. Marcopolo Batam Provinsi Kepulauan Riau. Skripsi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru, 85 hal (Tidak Diterbitkan).